

**TINJAUAN POTENSI SUMBER DAYA AIR UNTUK  
PEMBANGKIT LISTRIK DI WADUK TIRTOMARTO  
KABUPATEN KARANGANYAR**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada  
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik**

**Oleh:**

**GRARINGGA FAT'HAN AL-MAJIID**

**D 100 181 059**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**2020**

HALAMAN PERSETUJUAN

**TINJAUAN POTENSI SUMBER DAYA AIR UNTUK  
PEMBANGKIT LISTRIK DI WADUK TIRTOMARTO  
KABUPATEN KARANGANYAR**

**PUBLIKASI ILMIAH**

oleh:

**GRARINGGA FAT'HAN AL-MAJIID**

**A 310 190 000**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen  
Pembimbing



**Ir. Isnugroho, C.E.S.**

**NIP. 195503061982021001**

HALAMAN PENGESAHAN

**TINJAUAN POTENSI SUMBER DAYA AIR UNTUK  
PEMBANGKIT LISTRIK DI WADUK TIRTOMARTO  
KABUPATEN KARANGANYAR**

OLEH  
GRARINGGA FAT'HAN AL-MAJIID  
D100181059

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari Sabtu, 02 Mei 2020  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

- |  |   |
|--|---|
| 1.Ir. Isnugroho, CES.<br>(Ketua Dewan Penguji)                     | <br>(.....)   |
| 2.Ir. Achmad Karim Fatchan, M.T.<br>(Anggota I Dewan Penguji)      | <br>(.....)  |
| 3.Gurawan Djati Wibowo, S.T., M.Eng.<br>(Anggota II Dewan Penguji) | <br>(.....) |

Dekan,



Ir. Sri Sunariono, M.T., Ph.D., IPM.

NIK. 0630126302

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 02 Mei 2020

Penulis



**GRARINGGA FAT'HAN AL-MAJID**  
**D100181059**

# **TINJAUAN POTENSI SUMBER DAYA AIR UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK DI WADUK TIRTOMARTO KABUPATEN KARANGANYAR**

## **Abstrak**

Waduk Tirtomarto merupakan waduk yang terletak di Desa Pojok, Kelurahan Delingan, Kecamatan Karanganyar, Kabupaten Karanganyar, Provinsi Jawa Tengah ini dibangun pada tahun 1920. Waduk ini digunakan untuk mengairi daerah irigasi seluas sekitar 10.000 hektar tetapi pada Tahun 2019 hanya mengairi 1.850 hektar persawahan yaitu di daerah Jetu dan Sokolencong. Waduk Tirtomarto mempunyai potensi air yang tidak termanfaatkan sepenuhnya, yaitu debit air dan tinggi terjun yang sebenarnya bisa dimanfaatkan untuk pembangkit listrik tenaga air, tanpa mengurangi fungsi waduk sebagai sumber air untuk irigasi. Berdasarkan data teknis waduk, sebelum digunakan untuk irigasi, aliran air dimanfaatkan untuk membangkitkan listrik dengan daya listrik yang bervariasi antara 48,651 kW hingga 245,826 kW dan produksi listrik sebesar 1.391.279 mWh/tahun sehingga dapat dikategorikan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro karena sebagian besar daya listrik yang dihasilkan kurang dari 100 kW.

**Kata Kunci:** pltmh, daya, produksi, waduk.

## **Abstract**

The Tirtomarto Reservoir is a reservoir located in Pojok Village, Delingan Village, Karanganyar District, Karanganyar Regency, Central Java Province. It was built in 1920. The reservoir is used to irrigate an area of about 10,000 hectares but on 2019 only irrigating 1,850 hectares of rice fields for Jetu and Sokolencong area. The Tirtomarto reservoir has the potential for untapped water, that is, water discharge and hydraulic press height or waterfall height that can be used for hydroelectric power generation, without reducing the reservoir's function as a source of water for irrigation. Based on reservoir technical data, before being used for irrigation, water flow is used to generate electricity with electrical power that varies between 48.651 kW to 245.826 kW and electricity production of 1,391,279mWh/year so it can be categorized as a Micro Hydro Power Plant because most of the electric power produced less than 100 kW.

**Keywords:** mhp, power, production, reservoir.

## **1. PENDAHULUAN**

Waduk Tirtomarto terletak di Desa Pojok, Kelurahan Delingan, Kecamatan Karanganyar, Kabupaten Karanganyar. Pembangunan konstruksi waduk ini dimulai pada tahun 1920 dan selesai tahun 1923 dibangun oleh pemerintah Hindia Belanda. Waduk ini dikelola oleh Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo. Waduk Tirtomarto berfungsi sebagai penyedia air untuk irigasi yang pada awalnya meliputi 10.000 ha area persawahan tetapi pada Tahun 2019 hanya mengairi 1.850 ha persawahan yaitu di daerah Jetu dan Sokolencong.

Waduk Tirtomarto mempunyai potensi air yang tidak termanfaatkan sepenuhnya yaitu debit air dan tinggi terjun yang bisa dimanfaatkan untuk pembangkit listrik tenaga air. Oleh karenanya, maka perlu dilakukan studi potensi pembangkit listrik tenaga air untuk direncanakan bangunan pembangkit listrik menggunakan potensi tenaga air yang tersedia. Studi ini akan dapat menggambarkan potensi yang akan diperoleh dari tenaga air yang belum termanfaatkan untuk dijadikan sebagai energi listrik yang akan dihasilkan.

Penggunaan pembangkit listrik dengan tenaga air ini mampu memenuhi energi listrik pada saat beban puncak terjadi. Penggunaan pembangkit listrik tenaga air juga mempunyai beberapa kelebihan lain yaitu membutuhkan biaya yang lebih rendah dalam proses produksi dan tenaga air merupakan energi yang dapat diperbaharui (renewable resources) sehingga memberikan nilai lebih dibandingkan energi yang dibangkitkan dari bahan bakar minyak atau batubara yang tidak dapat diperbaharui. Dengan keuntungan ini pembangkit listrik tenaga air sangat cocok untuk dikembangkan sebagai pembangkit listrik yang murah dan ramah lingkungan.

## **2. METODE**

Lokasi obyek studi yang dipilih yaitu Waduk Tirtomarto. Dasar pemilihan lokasi penelitian adalah ukuran Waduk Tirtomarto paling berpotensi untuk dikembangkan sebagai pembangkit listrik. Sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai analisis kelayakan hidrologi.

Waduk Tirtomarto terletak di wilayah Kabupaten Karanganyar, Provinsi Jawa Tengah, tepatnya di Desa Pojok, Kelurahan Delingan, Kecamatan Karanganyar yang berjarak  $\pm 7,5$  km sebelah timur laut pusat Kabupaten Karanganyar. Lokasi Waduk Tirtomarto sebagai objek penelitian dengan koordinat -7,5901269 Timuran (Lintang) 110,9886094 Utaraan (Bujur).

Meningkatnya permintaan kebutuhan energi listrik harus diimbangi dengan peningkatan daya terpasang pada pembangkit listrik. Pada PLTA peningkatan daya terpasang harus disesuaikan dengan debit air waduk agar turbin tetap bisa beroperasi. Salah satu alternatif apabila peningkatan daya listrik tidak mungkin dilakukan adalah dengan pembangunan unit PLTA.

## **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **3.1 DATA PENGOPERASIAN WADUK**

Data pengoperasian waduk yang terdiri dari data elevasi waduk, volume, debit *inflow* dan *outflow* dalam kurun waktu 4 tahun, tahun 2015 sampai 2018 yang diperoleh dari BBWS Bengawan Solo. Data ini digunakan untuk mengetahui besarnya debit aliran yang keluar dari waduk. Aliran ini mempunyai potensi dimanfaatkan untuk memutar turbin terlebih dahulu sebelum digunakan untuk irigasi.

### 3.2 KEHILANGAN TINGGI TEKAN

Kehilangan tinggi tekan didapatkan dengan perhitungan sebagai berikut:

Headloss Minimum

1. Diameter Pipa (d) = 1,6 m
2. Debit Aliran =  $Q_{\text{outflow}}$   
= 0,2 m<sup>3</sup>/dt (2 Agustus 2015)
3. Koefisien Kekerasan Pipa = 130 (pipa PE)  
Hazen William (C)
4. Headloss (hl) =  $(10,67416 \times L \times Q^{1,852}) / (C_{\text{HW}}^{1,852} \times D^{4,87037})$   
=  $(10,67416 \times 67,8 \times 0,2^{1,852}) / (130^{1,852} \times 1,6^{4,87037})$   
= 0,02864 m

Headloss Maksimum

1. Diameter Pipa (d) = 1,6 m
2. Debit Aliran =  $Q_{\text{outflow}}$   
= 1,1 m<sup>3</sup>/dt (25 Juni 2015)
3. Koefisien Kekerasan Pipa = 130 (pipa PE / pipa plastik bertekanan)  
Hazen William (C)
4. Headloss (hl) =  $(10,67416 \times L \times Q^{1,852}) / (C_{\text{HW}}^{1,852} \times D^{4,87037})$   
=  $(10,67416 \times 67,8 \times 1,1^{1,852}) / (130^{1,852} \times 1,6^{4,87037})$   
= 0,67319 m

Perhitungan selanjutnya menggunakan *headloss* maksimum.

### 3.3 TINGGI JATUH EFEKTIF

Tinggi jatuh efektif (head effective) dihitung berdasarkan perbedaan tinggi muka air waduk dengan tinggi muka air di hilir waduk dikurangi dengan kehilangan energi. Berdasarkan data pengoperasian waduk, tinggi muka air waduk berfluktuasi sehingga didapat  $H_{\text{eff}}$  maksimum dan  $H_{\text{eff}}$  minimum sebagai berikut:

$$\begin{aligned} H_{\text{eff}} \text{ minimum} &= \text{EMAW} - \text{TWL} - \text{hl} \\ &= 166,3 - 160 - 0,67319 \\ &= 5,6268 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{eff}} \text{ maksimum} &= \text{EMAW} - \text{TWL} - \text{hl} \\ &= 227,91 - 160 - 0,67319 \\ &= 67,2368 \text{ m} \end{aligned}$$

### 3.4 PEMILIHAN JENIS TURBIN

Untuk menghitung kecepatan spesifik (Ns) turbin yang cocok, perlu diketahui daya turbin.

Daya Minimum

$$(H_{\text{eff-i}} + H_{\text{eff-i+1}}) = 18,9776 \text{ m}$$

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 73,8 \%$$

$$Q_{\text{ouflow}} = 0,35 \text{ m}^3/\text{dt} \text{ (11 Februari 2015)}$$

$$P = \eta \times Q_{\text{ouflow}} \times 0,5 (H_{\text{eff-i}} + H_{\text{eff-i+1}}) \times \gamma_w$$

$$= 0,738 \times 0,35 \times 0,5 (18,9776) \times 9,81$$

$$= 48,0877 \text{ kW}$$

$$= 64,4867 \text{ HP}$$

$$Ns = n \frac{\sqrt{P}}{H^{\frac{5}{4}}} = 200 \frac{\sqrt{64,4867}}{18,9776^{\frac{5}{4}}}$$

$$Ns = 40,1985$$

Daya Maksimum

$$(H_{\text{eff-i}} + H_{\text{eff-i+1}}) = 67,7537 \text{ m}$$

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 73,8 \%$$

$$Q_{\text{ouflow}} = 0,5 \text{ m}^3/\text{dt} \text{ (31 Desember 2018)}$$

$$P = \eta \times Q_{\text{ouflow}} \times 0,5 (H_{\text{eff-i}} + H_{\text{eff-i+1}}) \times \gamma_w$$

$$= 0,738 \times 0,5 \times 0,5 (67,7537) \times 9,81$$

$$= 245,2609 \text{ kW}$$

$$= 328,9003 \text{ HP}$$

$$Ns = n \frac{\sqrt{P}}{H^{\frac{5}{4}}} = 200 \frac{\sqrt{328,9003}}{67,7537^{\frac{5}{4}}}$$

$$Ns = 18,6593$$

Berdasarkan teori, untuk  $Ns = 40\text{-}200$  cocok menggunakan turbin Cross-flow. Karena  $Ns$  bervariasi antara 40,1985-181,2689 maka digunakan turbin Cross-flow.

### 3.5 PERHITUNGAN DAYA DAN PRODUKSI LISTRIK

Berdasarkan operasi waduk, dihitung daya listrik yang dihasilkan berdasarkan tinggi terjun dan debit aliran. Jika debit kurang dari 0,35 m<sup>3</sup>/dt dan tinggi jatuh kurang dari 19,1998 m, pembangkit ini tidak dioperasikan. Berdasarkan perhitungan pada lampiran, diperoleh daya minimum dan maksimum sebagai berikut:

Daya minimum:

$$(H_{\text{eff-i}} + H_{\text{eff-i+1}}) = 18,9776 \text{ m}$$

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 73,8 \%$$

$$Q_{\text{ouflow}} = 0,35 \text{ m}^3/\text{dt} \text{ (11 Februari 2015)}$$



$$\begin{aligned}
P &= \eta \times Q_{outflow} \times 0,5 (H_{eff-i} + H_{eff-i+1}) \times \gamma_w \\
&= 0,738 \times 0,35 \times 0,5 (18,9776) \times 9,81 \\
&= 48,0877 \text{ kW}
\end{aligned}$$

Daya maksimum:

$$(H_{eff-i} + H_{eff-i+1}) = 67,7537 \text{ m}$$

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 73,8 \%$$

$$Q_{outflow} = 0,5 \text{ m}^3/\text{dt} \text{ (31 Desember 2018)}$$

$$\begin{aligned}
P &= \eta \times Q_{outflow} \times 0,5 (H_{eff-i} + H_{eff-i+1}) \times \gamma_w \\
&= 0,738 \times 0,5 \times 0,5 (67,7537) \times 9,81 \\
&= 245,2609 \text{ kW}
\end{aligned}$$

Walaupun daya yang dihasilkan berfluktuasi antara 48,0877 kW hingga 245,2609 kW, namun karena sebagian daya yang dihasilkan dibawah 100 kW dan menggunakan turbin Cross-Flow, maka pembangkit ini dikategorikan kedalam Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro.

Produksi listrik pembangkit ini diambil produksi listrik tahun 2015 yang dianggap dapat mewakili.

$$\begin{aligned}
E_{\text{harian}} &= P \times 24 \\
&= 48,0877 \times 86400 \\
&= 4154777,28 \text{ kWh (11 Februari)}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
E_{\text{bulanan rata-rata}} &= \text{Produksi listrik tahun 2015} / 12 \\
&= 1363559425,9186 / 12 \\
&= 113629952,1599 \text{ kWh}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
E_{\text{tahunan}} &= \text{Jumlah produksi listrik tiap bulan di tahun 2015} \\
&= 1363559425,9186 \text{ kWh}
\end{aligned}$$

#### 4. PENUTUP

Menurut hasil penelitian yang telah dilakukan dalam Tugas Akhir ini, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil analisa dapat disimpulkan bahwa Waduk Tirtomarto mempunyai potensi sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro.
2. Produksi listrik tahunan yang dihasilkan pada Tahun 2015 sampai 2018 sebesar 1.363.559,4259 mWh (2015), 1.896.309,2468 mWh (2016), 1.730.120,2755 mWh (2017), dan 1.758.039,5408 mWh (2018).
3. Untuk penelitian kedepannya dapat dilakukan dengan menggunakan data elevasi muka air waduk dan debit outflow yang lebih banyak.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- BBWS Bengawan Solo. (2019). Data Pengoperasian Waduk Tirtomarto. BBWS Bengawan Solo.
- Isnugroho. (2012). Pompa Air Mikro Hidro, Alternatif Menghadapi Krisis Energi. *Dinamika Teknik Sipil*.
- Isnugroho. (2015). Perilaku Hidraulik Pengembangan Fungsi Bendung Gerak Serayu Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air. BBWS Bengawan Solo.
- Kementerian PUPR. (2018). Perencanaan Jaringan Pipa Transmisi Dan Distribusi Air Minum. Kementerian PUPR.
- Triatmojo, Bambang. (2008), *Hidrologi Terapan*, Penerbit Beta Offset, Yogyakarta.